

高分子を内包した両親媒性分子膜の平衡形状

東北大学物理学専攻 大矢豊大, 川勝年洋
理化学研究所 発生・再生科学総合研究センター 佐藤勝彦

【はじめに】

両親媒性分子膜に高分子を内包させた構造は、生体内におけるエンドサイトーシス等の物質輸送プロセスで見られるだけでなく、工業的にはドラッグデリバリーシステムへの応用が期待されている。近年、中谷らの実験により同様の構造が異方性を持つことが確認された(1)。この原因を探るために高分子を内包したベシクルを数値計算によって再現し、そのコンフォメーションと平衡形状を求めた。

異方性の原因は、高分子のコンフォメーションエントロピーとベシクルの曲げ弾性エネルギーの競合であると考えられる。この観点から、高分子に関しては自己無撞着理論(SCFT)を使い、ベシクルの形状に関してはフェイズフィールド理論(PFT)を用いることにした。SCFTでは経路積分によって高分子のコンフォメーションを定量的に評価することができ、PFTでは連続場によって膜面の柔軟な変形を表現することができる。これらをカップリングさせることにより、高分子のコンフォメーションにあわせて外殻であるベシクルが変形するというソフトなとじこめを実現できると考えられる。

【結果と考察】

図1はプロレイト形状のベシクルとオブレイト形状のベシクルのそれぞれの内部に高分子を内包させ、各種エネルギーの差をとったグラフである。正の値はオブレイト形状が安定であり、負の値はプロレイト形状が安定であることを示している。この図より、内部に閉じ込める高分子鎖が長くなるに従い、また reduced volume(ベシクルの内包体積をその表面積で無次元化した量)が小さくなるに従いプロ

レイト構造が安定になり、さらにその主要な寄与は高分子のコンフォメーションエントロピーであることが確認できる。鎖長の増加と reduced volume の減少は膜の内部における高分子の閉じ込めの強さを表すため、高分子の閉じ込めが強くなるほど、ベシクルの形状はプロレイト構造を好むという結果が得られた。このことは、簡単なモデルを用いた解析計算とも定性的に一致する。

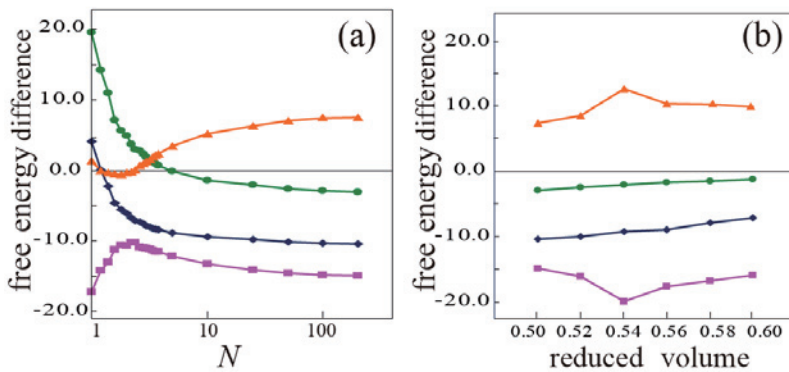


図1 : 各種自由エネルギーの鎖長依存性(a)と reduced volume 依存性(b).
ベシクルの曲げ弾性エネルギー(■), 高分子のコンフォメーションエントロピー(●), 溶媒の並進エントロピー(▲) 全自由エネルギー(◆).

【参考文献】

- (1) K.Nakaya, M.Imai, S.Komura, T.Kawakatsu and N.~Urakami, Europhys. Lett., **71** (2005) 494.
- (2) Y.Oya, K.Sato and T.Kawakatsu, Europhys. Lett., **94** (2011) 68004.